

4

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-109234

(43)Date of publication of application : 23.04.1999

(51)Int.Cl.

G02B 15/20

G02B 13/18

(21)Application number : 09-265394

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 30.09.1997

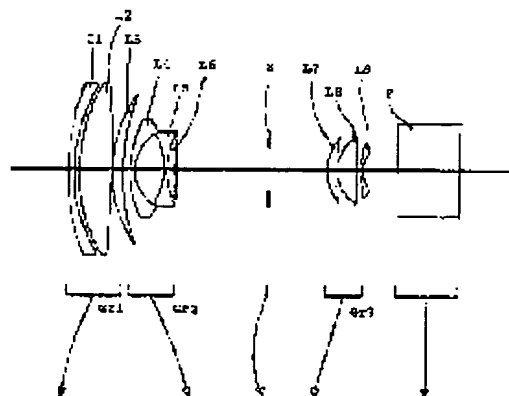
(72)Inventor : KONO TETSUO
ISHIMARU KAZUHIKO
KONNO KENJI
TERADA MAMORU
ARIMOTO TETSUYA
OKADA NAOSHI

(54) ZOOM LENS SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize high variable power rate and high image quality by specifying the ratio of the moving amount of a 1st lens group from a shortest focal distance state to a middle focal distance state to a moving amount from the middle focal distance state to a longest focal distance state.

SOLUTION: In this zoom lens system provided with the 1st lens group Gr1 having positive power, a 2nd lens group Gr2 having negative power and a 3rd lens group Gr3 having the positive power in order from an object side; at least the 1st lens group Gr1 is moved to perform zooming. Then, the system is constituted to satisfy an expression: $1.2 < M1WM/M1MT < 2.2$. In the expression, M1WM means the moving amount of the 1st lens group Gr1 from the shortest focal distance state to the middle focal distance state. M1MT means the moving amount of the 1st lens group Gr1 from the middle focal distance state to the longest focal distance state. The middle focal distance is a focal distance being $(fw \times ft)^{1/2}$. (fw) means the focal distance in the shortest focal distance state and (ft) is the focal distance in the longest focal distance state.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-109234

(43)公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 B 15/20
13/18

識別記号

F I

G 0 2 B 15/20
13/18

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 19 頁)

(21)出願番号 特願平9-265394

(22)出願日 平成9年(1997) 9月30日

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目 3 番13号

大阪国際ビル

(72)発明者 河野 哲生

大阪市中央区安土町二丁目 3 番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(72)発明者 石丸 和彦

大阪市中央区安土町二丁目 3 番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(72)発明者 金野 賢治

大阪市中央区安土町二丁目 3 番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ズームレンズ系

(57)【要約】

【課題】 高変倍率で高画質を満足するにも拘わらず、コンパクトなズームレンズ系を提供する。

【解決手段】 物体側より順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、負のパワーを有する第2レンズ群と、正のパワーを有する第3レンズ群とを有し、少なくとも前記第1レンズ群を移動させてズームを行うズームレンズ系であって、以下の条件を満足することを特徴とする。

$1.2 < M1WM/M1MT < 2.2$

ただし、

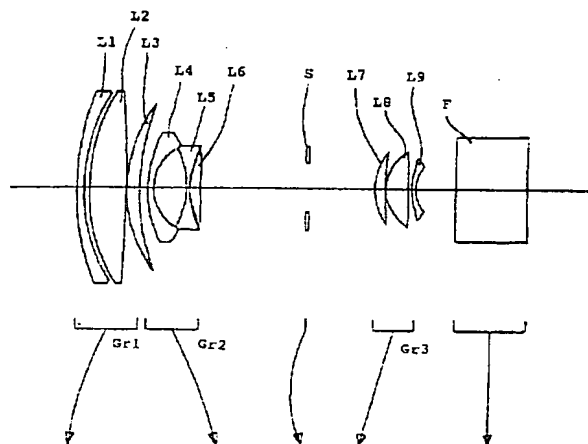
M1WM：最短焦点距離状態から中間焦点距離状態までの第1レンズ群の移動量、

M1MT：中間焦点距離状態から最長焦点距離状態までの第1レンズ群の移動量で

、中間焦点距離は最短焦点距離状態の焦点距離を f_w 、最長焦点距離状態の焦点距離を f_t とした時に $(f_w \times f_t)$

$1/2$ なる焦点距離、

である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側より順に、正のパワーを有する第 1 レンズ群と、負のパワーを有する第 2 レンズ群と、正のパワーを有する第 3 レンズ群とを有し、少なくとも前記第 1 レンズ群を移動させてズームを行うズームレンズ系であって、

以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ系：

$$1.2 < M1WM/M1MT < 2.2$$

ただし、

M1WM：最短焦点距離状態から中間焦点距離状態までの第 1 レンズ群の移動量、

M1MT：中間焦点距離状態から最長焦点距離状態までの第 1 レンズ群の移動量で、中間焦点距離は最短焦点距離状態の焦点距離を f_w 、最長焦点距離状態の焦点距離を f_t とした時に $(f_w \times f_t)^{1/2}$ なる焦点距離、

である。

【請求項 2】 ズーミングに際して、前記第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の光軸上の間隔が増大し、前記第 2 レンズ群と第 3 レンズ群の光軸上の間隔が減少するよう、前記第 1 レンズ群及び第 3 レンズ群が物体側に移動することを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ系。

【請求項 3】 ズーミングに際して、前記第 2 レンズ群が移動することを特徴とする請求項 2 記載のズームレンズ系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、小型の撮影光学系に使用されるズームレンズ系に関し、さらに詳しくは、デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラ等のデジタル入出力機器の撮影光学系に好適なコンパクトで高変倍率を有するズームレンズ系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、パーソナルコンピュータ等の普及にともない、手軽に画像情報をデジタル機器に取り込むことができるデジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラ等（以下、単にデジタルカメラという）が個人ユーザレベルで普及しつつある。このようなデジタルカメラは、今後も画像情報の入力機器として益々普及することが予想される。

【0003】ところで、一般にデジタルカメラの画質は、CCD (charge coupled device) 等の固体撮像素子の画素数で決定される。現在、一般向けのデジタルカメラで主流となっているのは、33万画素程度の画素数を有する、いわゆるVGAクラスの固体撮像素子である。しかしながら、このVGAクラスのカメラの画質は、従来の銀塩フィルムを用いたカメラの画質と比較した場合、大幅に見劣りすることは否めない。このため、最近では一般向けのデジタルカメラにおいても100万画素を超えるような高画質のカメラが望まれており、こ

れらのデジタルカメラの撮影光学系にも高画質を満足することが要求されている。

【0004】また、これらの一般向けデジタルカメラにおいても画像の変倍、特に画像劣化が少ない光学変倍を行うことも望まれているため、近年では高変倍率で高画質を満足するデジタルカメラ用ズームレンズ系が要求されるようになってきている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来提案されているデジタルカメラ用のズームレンズ系で、100万画素を超えるような高画質を満足するものは、一眼レフレックスカメラ用交換レンズを流用したもの、もしくは業務用途の非常に大型のデジタルカメラが大半であった。したがって、このようなズームレンズ系は、非常に大型で高コストであり、一般向けデジタルカメラに好適であるとはいえなかった。

【0006】一方、このようなデジタルカメラの撮影光学系に対して、近年コンパクト化、高変倍率化が顕著に進行している銀塩フィルム用のレンズシャッターカメラの撮影光学系を流用することも考えられる。

【0007】しかしながら、レンズシャッターカメラの撮影光学系をデジタルカメラにそのまま流用した場合、デジタルカメラに備えられた固体撮像素子の前面に設けられたマイクロレンズの集光性能を十分に満足させることができず、画像中央部と画像周辺部での画像の明るさが極端に変化してしまうという問題が発生する。これは、レンズシャッターカメラの撮影光学系の射出瞳は像面近くに位置しているため、撮影光学系から射出された軸外光束は像面に対して斜めに入射するため発生する問題である。この問題を解決するために、従来のレンズシャッターカメラの撮影光学系の射出瞳位置を像面から離そうとすると、どうしても撮影光学系全体が大型化してしまうことが避けられない。

【0008】以上の問題に鑑み、本発明は、高変倍率で高画質を満足する全く新規な、コンパクトなズームレンズ系を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、請求項 1 に係るズームレンズ系は、物体側より順に、正のパワーを有する第 1 レンズ群と、負のパワーを有する第 2 レンズ群と、正のパワーを有する第 3 レンズ群とを有し、少なくとも前記第 1 レンズ群を移動させてズームを行うズームレンズ系であって、以下の条件を満足することを特徴とする。

$$1.2 < M1WM/M1MT < 2.2$$

ただし、

M1WM：最短焦点距離状態から中間焦点距離状態までの第 1 レンズ群の移動量、

M1MT：中間焦点距離状態から最長焦点距離状態までの第 1 レンズ群の移動量で、中間焦点距離は最短焦点距離状

態の焦点距離を f_w 、最長焦点距離状態の焦点距離を f_t とした時に $(f_w \times f_t)^{1/2}$ なる焦点距離、である。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の好適な実施の形態について説明する。なお、本明細書において「パワー」とは、焦点距離の逆数で定義される量を表し、その偏向作用が異なる屈折率を有する媒質同士の面での偏向によるものだけでなく、回折による偏向や媒質内の屈折率分布による偏向等も含むものとする。

【0011】図1～3は、本発明に係るズームレンズ系の第1実施形態～第3実施形態のズームレンズ系の最短焦点距離状態でのレンズ配置を表す断面図である。各実施形態のズームレンズ系は、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G r 1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G r 2と、絞りSと、正の屈折力を有する第3レンズ群G r 3と、ローパスフィルタLFとから構成され、最短焦点距離端から最長焦点距離端へのズームに際して、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少するように、前記第1レンズ群及び第3レンズ群が移動するズームレンズ系である。なお、図中に付した矢印は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態へのズームの際の各レンズ群G r 1～3、絞りS、ローパスフィルタLFの移動軌跡を模式的に表している。

【0012】第1実施形態のズームレンズ系は、物体側から順に、物体側に凸の負のメニスカスレンズL 1と、両凸の正レンズL 2と、物体側に凸の正メニスカスレンズL 3とから成る第1レンズ群G r 1、物体側に凸の負のメニスカスレンズL 4と、両凹の負レンズL 5と、物体側に凸の正のメニスカスレンズL 6（両面非球面）とから成る第2レンズ群G r 2、絞りS、物体側に凸の正のメニスカスレンズL 7と、両凸の正レンズL 8と物体側に凸の負のメニスカスレンズ（両面非球面）L 9とから成る第3レンズ群G r 3、ローパスフィルタFとから構成されている。最短焦点距離状態から最長焦点距離状態へのズームに際して、第1レンズ群G r 1と第3レンズ群G r 3とが物体側へ移動し、第2レンズ群G r 2は像側移動し、絞りSは一旦物体側へ移動した後に像側へ移動するようUターンし、ローパスフィルタFは固定されている。

【0013】第2実施形態のズームレンズ系は、物体側より順に、物体側に凸の負のメニスカスレンズL 1と、物体側凸の正のメニスカスレンズL 2と、物体側に凸の正のメニスカスレンズL 3とから成る第1レンズ群G r 1、物体側に凸の負のメニスカスレンズL 4と、両凸の正レンズL 5と、像側に凸の正のメニスカスレンズL 6（前面が非球面）及び両凹の負レンズL 7（後面が非球面）との接合レンズDL 1から成る第2レンズ群G r

2、絞りS、両凸の正レンズL 8（前面が非球面）と、両凸の正レンズL 9と、物体側に凸の負のメニスカスレンズL 10と、像側に凸の負のメニスカスレンズL 11と、両凹の負レンズL 12（両面非球面）とから成る第3レンズ群G r 3、ローパスフィルタFとから構成されている。最短焦点距離状態から最長焦点距離状態へのズームに際して、第1レンズ群G r 1と第3レンズ群G r 3とが物体側へ移動し、第2レンズ群G r 2は像側へ移動し、絞りSとローパスフィルタFは固定されている。

【0014】第3実施形態のズームレンズ系は、物体側より順に、物体側に凸の負のメニスカスレンズL 1及び両凸の正レンズL 2の接合レンズDL 1と、物体側に凸の正のメニスカスレンズL 3とから成る第1レンズ群G r 1、物体側に凸の負のメニスカスレンズL 4（両面が非球面）と、両凹の負レンズL 5及び両凸の正レンズL 6の接合レンズDL 2とから成る第2レンズ群G r 2、絞りS、物体側に凸の正のメニスカスレンズL 7と、物体側に凸の負のメニスカスレンズL 8（両面非球面）と、両凸の正レンズL 9と、両凹の負レンズL 10（両面非球面）とから成る第3レンズ群G r 3、ローパスフィルタFとから構成されている。最短焦点距離状態から最長焦点距離状態へのズームに際して、第1レンズ群G r 1と第3レンズ群G r 3とが物体側へ移動し、第2レンズ群G r 2は像側へ移動し、絞りSとローパスフィルタFは固定されている。

【0015】以下、各実施形態のズームレンズ系が満足すべき条件を記す。なお、以下に述べる条件を同時にすべて満足する必要はない。各実施形態のズームレンズ系は、以下の条件式範囲（1）で規定される条件を満足することが望ましい。

$$3.0 < f_1 / f_w < 9.0 \quad (1)$$

ただし、

f_1 ：第1レンズ群の焦点距離、

f_w ：最短焦点距離状態での全系の焦点距離、である。

【0016】上記条件は、第1レンズ群の焦点距離を規制する条件である。条件式範囲（1）の上限値を越えると、第1レンズ群の焦点距離が大きくなり過ぎて、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態へのズームの際の第1レンズ群の移動量が大きくなるので、最長焦点距離状態でのズームレンズ系の全長が大きくなり、コンパクトなズームレンズ系を得ることが出来ない。逆に、上記条件範囲（1）の下限値を越えると、第1レンズ群のパワーが大きくなり、第1レンズ群で発生する収差、特に長焦点距離側での球面収差が大きくなり、全体として良好な光学性能を得ることが出来ないのが好ましくない。

【0017】なお、上記条件に関しては、条件式範囲（1）のうち、以下の条件式範囲（2a）乃至（1c）

の順に満足することがより望ましい。

$$3.5 < f_1/f_w < 9.0 \quad (1a)$$

$$4.5 < f_1/f_w < 9.0 \quad (1b)$$

$$5.0 < f_1/f_w < 9.0 \quad (1c)$$

各実施形態のズームレンズ系は、以下の条件式範囲

(2) で規定される条件を満足することが望ましい。

$$-1.3 < f_2/f_w < -0.7 \quad (2)$$

ただし、

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離、

である。

【0018】上記条件は、第2レンズ群の焦点距離を規制する条件である。条件式範囲(2)の下限値を越えると、第2レンズ群の焦点距離が小さくなり、最短焦点距離状態での第2レンズ群と第3レンズ群の軸上間隔が大きくなって、最短焦点距離状態の全長が過大になる。その結果、第1レンズ群および第2レンズ群に含まれるレンズのレンズ径が大きくなるので好ましくない。逆に、条件式範囲(2)の上限値を越えると、第2レンズ群のパワーが大きくなり、第2レンズ群で発生する収差、特にペッツバル和が負に大きくなって全体のペッツバル和が負に過大に大きくなるために、全体で良好な光学性能を得ることが出来ないのが好ましくない。

【0019】なお、上記条件に関しては、条件式範囲(2)のうち、以下の条件式範囲(2a)乃至(2b)の順に満足することがより望ましい。

$$-1.3 < f_2/f_w < -0.8 \quad (2a)$$

$$-1.4 < f_2/f_w < -0.8 \quad (2b)$$

各実施形態のズームレンズ系は、以下の条件式範囲

(3) で規定される条件を満足することが望ましい。

$$1.1 < f_3/f_w < 1.8 \quad (3)$$

ただし、

f_3 : 第3レンズ群の焦点距離

である。

【0020】上記条件は、第3レンズ群の焦点距離を規制する条件である。条件式範囲(3)の上限値を越えると、第3レンズ群の焦点距離が大きくなり過ぎるので、最長焦点距離状態での全長が大きくなり過ぎて、コンパクトなズームレンズ系を得ることが出来ない。逆に、条件式範囲(3)の下限値を越えると、第3レンズ群のパワーが大きくなり、第3レンズ群で発生する収差、特にコマ収差が大きくなる、このコマ収差は、ズームレンズ系のいずれの場所に非球面を設けても補正できず、結局、全体で良好な光学性能を得ることが出来ないのが望ましくない。

【0021】なお、上記条件に関しては、条件式範囲(3)のうち、以下の条件式範囲(3a)を満足することがより望ましい。

$$1.8 < f_3/f_w < 1.9 \quad (3a)$$

各実施形態のズームレンズ系は、以下の条件式範囲

(4) で規定される条件を満足することが望ましい。

$$1.0 < \text{img} \times R < 15.0 \quad (4)$$

ただし、

img : 最大像高(単位はmm)、

R : ズームレンズ系を構成するレンズ面のうち、フィルター等を除き最も像側に位置するレンズ面の有効径(単位はmm)、である。

【0022】上記条件は、ズームレンズ径としての大きさ及び諸収差の補正に対する条件と、デジタルカメラ用撮影光学系に特有の条件とのバランスを図るための条件である。一般に、固体撮像素子を用いたデジタルカメラに使用される撮影光学系においては、固体撮像素子の前面に設けられたマイクロレンズの集光性能を十分に満足させるために、入射光束をマイクロレンズの光束に対して略垂直に入射させる必要がある。そのため、デジタルカメラ用の撮影光学系においては、通常の銀塩フィルム用カメラの撮影光学系と同様に諸収差の補正を行うことと併せて、像側に略テレセントリックであることが要求される。条件式範囲(4)の上限値を超えると、ズームレンズ系が像側に略テレセントリックであることが必要以上となり、諸収差、特に短焦点距離側での負の歪曲収差が大きくなりすぎてその補正が困難になるとともに、像面のアンダー側への倒れが著しくなり望ましくない。逆に、条件式範囲(4)の下限値を超えると、略テレセントリックであることを満足することが困難となり望ましくない。特に、下限値を超えた状態でテレセントリック性を向上しようとする、ズームレンズ系のバックフォーカスが必要以上となり、光学系の大型化を招き望ましくない。

【0023】なお、上記条件に関しては、条件式範囲(4)のうち、以下の条件式範囲(4a)を満足することがより望ましい。

$$6.5 < \text{img} \times R < 9.5 \quad (4a)$$

各実施形態のズームレンズ系のように、物体側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、負のパワーを有する第2レンズ群と、正のパワーを有する第3レンズ群と、から構成されるズームレンズ系においては、第3レンズ群を、最も物体側に設けられた強い曲率面を有する正レンズを含む正レンズ要素と、少なくとも1枚の負レンズからなる負レンズ要素とから構成することが望ましい。このように構成することにより、諸収差を良好に補正することが可能となる。

【0024】また、上記第3レンズ群の最も物体側に設けられた正レンズに関しては、以下の条件式範囲(5)で規定される条件を満足することが望ましい。

$$0.1 < R_a/f_3 < 3.0 \quad (5)$$

ただし、

R_a : 第3レンズ群の最も物体側に配置された正レンズの像側面の曲率半径、

f_3 : 第3レンズ群の焦点距離、

である。

【0025】上記条件は、第3レンズ群の最も物体側に配置された正レンズの像側面の曲率半径と、第3レンズ群の焦点距離との比を規定したものであり、前記正レンズの収差補正能に関する条件である。条件式範囲(5)の上限値を超えると、正レンズの像側面の曲率が弱くなり過ぎ、球面収差がオーバー側へ流れる傾向が強くなり望ましくない。逆に、条件式範囲(5)の下限値を超えると、正レンズの像側面の曲率が強くなり過ぎ、球面収差がアンダー側へ倒れる傾向が強くなり望ましくない。また、条件式範囲(5)の下限値を超えると、正レンズの像側面の曲率半径が小さくなり過ぎ、製造上も困難となり望ましくない。

【0026】各実施形態のズームレンズ系のように、物体側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、負のパワーを有する第2レンズ群と、正のパワーを有する第3レンズ群と、から構成されるズームレンズ系においては、第2レンズ群を、物体側から順に、像側に強い曲率の凹面を向けたレンズを含む第2レンズ群第1サブ群と、物体側に少なくとも1枚の正レンズと、1枚の負レンズとから構成される第2レンズ群第2サブ群と、から構成することが望ましい。このように第2レンズ群を構成することにより、光線が前記第2レンズ群第1サブ群中の強い曲率の凹面から射出される際、特に短焦点距離側で、軸外光線の射出角度と軸上光線の射出角度が小さくなるので、第2レンズ群第2サブ群以降の収差補正を容易にすることが可能となる。

【0027】また、上記第2レンズ群第1サブ群の凹面に関しては、以下の条件式範囲(6)で規定される条件を満足することが望ましい。

$$-1.6 < R2n/f2 < -0.6 \quad (6)$$

ただし、

$R2n$: 第2レンズ群第1サブ群の凹面の曲率半径、

$f2$: 第2レンズ群の焦点距離、

である。

【0028】上記条件は、第2レンズ群第1サブ群の強い曲率の凹面の曲率半径と、第2レンズ群の焦点距離との比を規定したものであり、前記凹面の収差補正能に関する条件である。条件式範囲(6)の下限値を超えると、該凹面の曲率が弱くなり過ぎ、前述の作用、すなわち、該凹面に入射する光線が凹面から射出される際の軸外光線の射出角度と軸上光線の射出角度を小さくする作用を十分達成させることができなくなる。この結果、条件式範囲(6)の下限値を超えた場合、第2レンズ群第1サブ群から射出される光線は、軸外光線と軸上光線との角度が大きいまま後続群に射出され、像面での収差、特に像面湾曲とコマ収差を、後続群で補正することができなくなり望ましくない。逆に、条件式範囲(6)の上限値を超えると、該凹面の曲率が強くなり過ぎて該凹面において単独で非常に大きな収差が発生するため、他の

面でこの収差を補正することが不可能となり、望ましくない。また、条件式範囲(6)の上限値を超えると、該凹面の曲率半径が小さくなり過ぎ、製造上も困難となり望ましくない。

【0029】さらに、第2レンズ群第2サブ群は、物体側から順に、両凸形状の正単レンズと、像側に凸面を有する正レンズと両凹形状の負レンズとを接合してなる接合レンズと、から構成されることが望ましい。第2レンズ群は全体として負のパワーを有しているが、第2レンズ群内で色収差の補正を行う場合、少なくとも第2レンズ群内に、1枚の正レンズと、少なくとも1枚の負レンズを含んでいなければならない。一方、第2レンズ群第1サブ群には、前述のように像側に強い曲率の凹面が存在しているため、この凹面の作用を達成させるためにも第2レンズ群第1サブ群には、該凹面で発生する色収差を補正するためのパワーの強い正レンズを用いることができない。従って、第2レンズ群全体の色収差補正を図るためには、第2レンズ群第2サブ群を、両凸形状の正単レンズと、像側に凸面を有する正レンズと両凹形状の負レンズとを接合してなる接合レンズと、から構成することが望ましくなる。

【0030】また、上記第2レンズ群第2サブ群の正レンズに関しては、以下の条件式範囲(6)'で規定される条件を満足することが望ましい。

$$-2.5 < f2p/f2 < -1.0 \quad (6)'$$

ただし、

$f2p$: 第2レンズ群第2サブ群の正レンズの焦点距離、

$f2$: 第2レンズ群の焦点距離、

である。

【0031】上記条件は、第2レンズ群第2サブ群の正レンズの焦点距離と、第2レンズ群の焦点距離との比を規定したものであり、第2レンズ群の色収差補正に関する条件である。条件式範囲(6)'の下限値を超えると、該正レンズのパワーが弱くなり過ぎ、第2レンズ群で発生する色収差が大きくなり望ましくない。逆に条件式範囲(6)'の上限値を超えると、正レンズのパワーが強くなり過ぎて、第2レンズ群の色収差補正のため第2レンズ群に含まれる負レンズのパワーを強くしなければならなくなる。その結果、色収差は補正することができても、通常の単色収差を補正することが困難になるので望ましくない。

【0032】各実施形態のズームレンズ系では、第1レンズ群は、物体側から順に、負の物体側に凸面を有する負レンズ、両凸形状の正レンズ、物体側に凸面を有する正レンズを有している。第1レンズ群で色収差補正を行うためには、第1レンズ群に、少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズを設ける必要がある。しかしながら、全体として正のパワーを有する第1レンズ群を、1枚の正レンズと1枚の負レンズだけを用いて構成すると、長焦点距離側での収差、特に球面収差を補

正することが困難になる。また、長焦点距離側での高次の球面収差を補正するためには、軸上光線が高い光線高さで通過する第1レンズ群に、さらなる収差補正に対する設計の自由度（レンズ枚数）を与えることが好ましい。さらに、第1レンズ群を1枚の正レンズと1枚の負レンズだけを用いて構成すると、既存のガラスやプラスチックの光学定数の範囲で色収差補正を行なうことが困難になる。

【0033】前述のように、第1レンズ群が、物体側から順に、負の物体側に凸面を有する負レンズ、両凸形状の正レンズ、物体側に凸面を有する正レンズから構成されている場合において、以下の条件式範囲（7）及び（8）で規定される各条件を満足することが望ましい。

$$v_n < 35 \quad (7)$$

$$v_p > 50 \quad (8)$$

ただし、

v_n ：第1レンズ群の負レンズのアップ数、

v_p ：第1レンズ群の正レンズのアップ数、
である。

【0034】上記条件式は、第1レンズ群において、色収差補正を行なうための条件である。第1レンズ群の1枚の負レンズと2枚の正レンズのアップ数を適切に規定することにより、第1レンズ群での色収差を良好に補正することができる。

【0035】なお、条件式範囲（7）に関しては、さらに以下の条件式範囲を満足することにより、より良好な色収差補正が可能となる。

$$【0036】 v_n < 32 \quad (7a)$$

$$v_n < 30 \quad (7b)$$

各実施形態のズームレンズ系では、第1レンズ群は最短焦点距離状態から最長焦点距離状態へのズーミングの際に、物体側に移動する構成となっている。この構成は、最短焦点距離状態でのズームレンズ系の全長を、コンパクトにすることができ、さらに第1レンズ群を構成するレンズのレンズ径も小さくすることができ好ましい。このように、第1レンズ群が最短焦点距離状態から最長焦点距離状態へのズーミングの際に、物体側に移動する場合、以下の条件式範囲（9）で規定される条件を満足することが望ましい。

$$0.7 < m1/Z < 3.0 \quad (9)$$

ただし、

$m1$ ：第1レンズ群の最短焦点距離状態から最長焦点距離状態へのズーミングの際の移動量（mm）、

Z ：ズーム比（ $Z = ft/fw$ ：最短焦点距離状態と最長焦点距離状態の焦点距離比）

上記条件は、第1レンズ群の最短焦点距離状態から最長焦点距離状態へのズーミングの際の移動量とズーム比との関係を表している。一般に、ズーム比が大きくなると移動量は大きくなる。条件式範囲（9）で規定された条件は、第1レンズ群の移動量を適切に規定することによ

って、コンパクトでかつ良好な光学性能を有するズームレンズを提供するための条件である。条件式範囲（9）の上限値を越えると、ズーム比に比べて第1レンズ群の移動量が大き過ぎ、最長焦点距離状態での全長が増大し過ぎて、コンパクトなズームレンズを得ることができない。逆に、上記条件式範囲（9）の下限値を越えると、第1レンズ群の移動量が小さくなり過ぎる。第1レンズ群の移動量が小さくなると、第1レンズ群のパワーを大きくしなければ、ズーム比を達成できなくなる。この結果、第1レンズ群のパワーが大きくなり過ぎて、第1レンズ群で発生する収差量が大きくなり、全体として良好な光学性能を得ることができなくなる。

【0037】なお、上記条件に関しては、条件式範囲（9）のうち、以下の条件式範囲（9a）を満足することがより望ましい。

$$0.8 < m1/Z < 3.0 \quad (9a)$$

このように、第1レンズ群が最短焦点距離状態から最長焦点距離状態へのズーミングの際に、物体側に移動する場合、以下の条件式範囲（10）で規定される条件を満足することが望ましい。

$$0.8 < M1WM/M1MT < 2.5 \quad (10)$$

ただし、

$M1WM$ ：最短焦点距離状態から中間焦点距離状態までの第1レンズ群の移動量、

$M1MT$ ：中間焦点距離状態から最長焦点距離状態までの第1レンズ群の移動量で、中間焦点距離は最短焦点距離状態の焦点距離を fw 、最長焦点距離状態の焦点距離を ft とした時に $(fw \times ft)^{1/2}$ なる焦点距離、
である。

【0038】上記条件は、最短焦点距離状態から中間焦点距離状態までの第1レンズ群の移動量と、中間焦点距離状態から最長焦点距離状態までの移動量の比を規定する条件であり、中間焦点距離状態から最長焦点距離状態までに対して、最短焦点距離状態から中間焦点距離状態までの方が第1レンズ群の移動量を変化させることを意味している。特に、最短焦点距離状態から中間焦点距離状態までの第1レンズ群の移動量を比較的大きくすることにより、中間焦点距離域での入射瞳位置を像面から遠くすることが可能になり、軸外光線のフレア成分をカットすることができる。

【0039】なお、上記条件に関しては、条件式範囲（10）のうち、以下の条件式範囲（10a）乃至（10b）を満足することがより望ましい。

$$0.9 < M1WM/M1MT < 2.5 \quad (10a)$$

$$1.2 < M1WM/M1MT < 2.2 \quad (10b)$$

各実施形態のズームレンズ系は、以下の条件式範囲（11）で規定される条件

を満足することが望ましい。

$$1 < \max(T1, T2, T3)/fw < 4 \quad (11)$$

ただし、

T_i :第 i 群の光軸上厚みであって、 $\max(T_1, T_2, T_3)$ はその最大値、である。

【0040】上記条件は、小型で高倍率なズームレンズ系を達成するための条件である。条件式範囲(11)の下限値を超えると、各レンズ群の光軸上厚みが小さくなり過ぎ、各レンズ群を構成しているレンズに要求される加工要件(心厚・コバ厚など)を確保することが困難になるだけでなく、収差補正のために必要な設計自由度を確保できない。逆に、条件式範囲(11)の上限値を越える場合は、各レンズ群の光軸上厚みが大きくなりすぎ、コンパクトなズームレンズ系を達成できない。

【0041】なお、上記条件に関しては、条件式範囲(11)のうち、以下の条件式範囲(11a)を満足することがより望ましい。

$$1 < \max(T_1, T_2, T_3) / fw < 3 \quad (11a)$$

各実施形態のズームレンズ系は、以下の条件式範囲(12)で規定される条件を満足することが望ましい。

$$6 < Lw / fw < 10 \quad (12)$$

ただし、

Lw :最短焦点距離状態での光学系全長(レンズ先端から像面まで)である。

【0042】上記条件は、最短焦点距離状態の望遠比を表している。条件式範囲(12)の下限値を超えると、光学系全長が小さくなりすぎて収差補正が困難になる。また、デジタルカメラ用の撮影光学系に要求される略テレセントリックの条件を満足することが難しくなる。逆に、条件式範囲(12)の上限値を越えると、コンパクト化が達成できない。さらに、全長が大きくなることに伴い、像面での照度が確保できなくなるため前玉径の大型化が必要になり、やはりコンパクトなズームレンズ系を達成できない。

【0043】ズームレンズ系は、各群の間の間隔を変化させて、言い換えればそれぞれの群の変倍量(β)を変化させることで、焦点距離を変化させている。従って、ズーミングに伴うこの変倍量の変化の大きなレンズ群は、それだけ変倍に寄与している事になり、必然的に収差負担も大きくなる、このことから考えると、効率よくズーミングしようとした場合、ズームレンズ系の各群が、出来るだけ均等に変倍負担していることが望ましい。このような変倍負担の関係が実現した場合、それぞれのレンズ群の収差負担をも均等に負担していることになり、ズームレンズ系のレンズ群の構成は、構成(すなわち構成枚数や大きさ)が最適化されていると考えられる。

【0044】以上の観点から、各実施形態のズームレンズ系は、以下の条件式範囲(13)で規定される条件を満足することが望ましい。

$$0.2 < \Delta \beta 3 / \Delta \beta 2 < 1.0 \quad (13)$$

ただし、

$\Delta \beta 2$:第2レンズ群の横倍率比(最長焦点距離状態での横倍率/最短焦点距離状態での横倍率)

$\Delta \beta 3$:第3レンズ群の横倍率比(最長焦点距離状態での横倍率/最短焦点距離状態での横倍率)

である。

【0045】上記条件は、第2及び第3レンズ群の変倍負担を示す条件である。従来より知られているズームレンズ系では、第2レンズ群の変倍負担が大きかったものを、第3レンズ群にも変倍負担を分担することで、効率よくズーミングを行うことができ、光学系の短縮化、レンズ群の構成の削減を行なっている。条件式範囲(13)の下限を越えると、第3レンズ群の変倍負担が減り第2レンズ群の変倍負担が増えるので、長焦点距離側の球面収差が、アンダー傾向になるとともに、短焦点距離側での歪曲収差も大きくなり、収差補正が不可能になる。逆に、条件式範囲(13)の上限を越えると、第3レンズ群の変倍負担が増えるので、長焦点距離側の球面収差がオーバー側に倒れると共に、長焦点距離側、短焦点距離側とも軸外のコマ収差が発生し、他の構成要素で収差補正することが不可能となる。いずれの場合も、このままの構成では十分な収差補正が出来なくなり、設計自由度を増加させるための構成枚数の増加やレンズ系の大型化が避けられなくなる。

【0046】なお、上記条件に関しては、条件式範囲(13)のうち、以下の条件式範囲(13a)乃至(13c)を満足することがより望ましい。

$$0.25 < \Delta \beta 3 / \Delta \beta 2 < 1.0 \quad (13a)$$

$$0.5 < \Delta \beta 3 / \Delta \beta 2 < 1.0 \quad (13b)$$

$$0.7 < \Delta \beta 3 / \Delta \beta 2 < 1.0 \quad (13c)$$

また、各実施形態のズームレンズ系は、以下の条件式範囲(14)で規定される条件を満足することが望ましい。

$$3.5 < \beta T2 / \beta w2 < 6.5 \quad (14)$$

ただし、

$\beta T2$:最長焦点距離状態での第2レンズ群の横倍率、

$\beta w2$:最短焦点距離状態での第2レンズ群の横倍率、である。

【0047】上記条件は、変倍時における第2レンズ群の横倍率の変化を規定する条件であり、第2レンズ群の変倍負担を規定している。条件式範囲(14)の上限値を越えると、第2レンズ群の変倍負担が大きくなり過ぎるため長焦点距離側の球面収差が、アンダー傾向になるとともに、短焦点距離側での歪曲収差も大きくなり、収差補正が不可能になる。逆に、条件式範囲(14)の下限値を越えると、第2レンズ群の変倍負担が小さくなり、他のレンズ群の負担が大きくなるため、長焦点距離側の球面収差がオーバー側に倒れると共に、短焦点距離側、長焦点距離側とも軸外のコマ収差が増大して望ましくない。

13

【0048】 $4.5 < ft/|f12w| < 15$ (15)

ただし、

ft：最長焦点距離状態の焦点距離、

f12w：最短焦点距離状態の第1レンズ群・第2レンズ群の合成焦点距離、

である。

【0049】上記条件は、最長焦点距離状態での第1レンズ群と第2レンズ群の合成焦点距離とを規定する条件であり、小型で高倍率のズームレンズを達成するため野条件である。条件式範囲(15)の下限を超えると、短焦点距離側の第1レンズ群・第2レンズ群の合成焦点距離が大きくなり過ぎ、バックフォーカスの確保が難しくなる。また、第1レンズ群または第2レンズ群のパワーが弱くなりすぎ、コンパクトなズームレンズ系が達成できなくなる。逆に、条件式範囲(15)の上限を越えると、短焦点距離側の第1レンズ群・第2レンズ群の合成焦点距離が小さくなり過ぎ、短焦点距離側での歪曲収差の補正が困難になる。また、第1レンズ群または第2レンズ群のパワーが強くなり過ぎるため、収差補正に困難をきたし望ましくない。

【0050】また、各実施形態のズームレンズ系は、第2レンズ群中に以下の条件式範囲(16)で規定される条件を満足する非球面を少なくとも一面有することが望ましい。

$$-0.1 < \phi \times (N' - N) \times d/dH [X(H) - X0(H)] < 0 \quad (16)$$

ただし、

φ：非球面のパワー、

N：非球面より物体側の媒質のd線に対する屈折率、

N'：非球面の像側の媒質のd線に対する屈折率、

H：光軸と垂直な方向の高さ、

X(H)：非球面の高さHでの光軸方向の変位量、

X0(H)：基準球面の高さHでの光軸方向の変位量、

である。

【0051】第2レンズ群中の非球面のうち、比較的物体側に近い側に設けられた非球面は、短焦点距離側の歪曲収差の補正に有効であり、像側に近い面に設けられた非球面については、長焦点距離側の球面収差の補正に有効である。非球面の作用は、近軸のパワーを弱める方向についており、球面のみの構成で補正過剰となった収差を弱める働きをしている。実施形態の場合、第2レンズ群中の物体側に近いレンズに設けられた負の面の非球面のパワーが強くなり過ぎると、短焦点距離側での負の歪曲収差が大きくなり過ぎ、逆に負のパワーが弱くなると、短焦点距離側での歪曲収差の補正には有利であるが、長焦点距離側の球面収差が補正不足状態となり、光学性能を確保できなくなる。第2レンズ群中の正の面に非球面がある場合も同様で、第2レンズ群中の正の面のパワーが弱くなる場合と、負のパワーが強くなる場合は同様の現象が起こる。また、第2レンズ群の比較的像側に近いレンズの正の面に設けられた非球面のパワー

14

が弱くなり過ぎると、長焦点距離側での球面収差がオーバー側に倒れ、球面収差の補正過剰状態となる。逆に、パワーが強くなり過ぎると補正不足状態となり、いずれも望ましくない。

【0052】また、各実施形態のズームレンズ系は、第3レンズ群中に以下の条件式範囲(17)で規定される条件を満足する非球面を少なくとも一面有することが望ましい。

$$-0.1 < \phi \times (N' - N) \times d/dH [X(H) - X0(H)] < 0 \quad (17)$$

ただし、

φ：非球面のパワー、

N：非球面より物体側の媒質のd線に対する屈折率、

N'：非球面の像側の媒質のd線に対する屈折率、

H：光軸と垂直な方向の高さ、

X(H)：非球面の高さHでの光軸方向の変位量、

X0(H)：基準球面の高さHでの光軸方向の変位量、

である。

【0053】第3レンズ群中の非球面のうち、比較的物体側に設けられた非球面は、主に短焦点距離側の球面収差の補正に有効であり、比較的像面側に近いレンズ面に関しては、長焦点距離側での像面性やフレアの補正に有効である。第3レンズ群中では、物体側に近いレンズの正のパワーが弱まる方向に非球面が設けられている場合、パワーが弱くなり過ぎると短焦点距離側での球面収差が補正不足となり、逆にパワーが強くなり過ぎると球面収差が補正過剰となる。どちらの場合も、そのままではそれより後の光学系で収差を補正することが困難となり、結果的に収差補正のために、レンズ枚数の増加もしくは、光学系の大型化などが避けられなくなる。また、第3レンズ群中の像面に近いレンズに負のパワーが弱まる方向についている非球面については、負のパワーが弱まり過ぎると長焦点距離側の軸外光線のアップー側の収束性が悪くなり、過大なフレアが発生し結果的に像面性が悪化する。また、短焦点距離側では、軸外光線に対する影響が強くなり過ぎ、過大な負の歪曲収差が発生する。逆に負のパワーが強くなり過ぎると、短焦点距離側の軸外光線に影響があり、短焦点距離側の像面性が悪化する、具体的には、短焦点距離側の軸外の像面が、正の方向に倒れてしまい他の面でも収差補正しきれなくなる。

【0054】なお、各実施形態においては、ズーミングに際して絞りが固定されていることが望ましい。絞りを移動させると、絞り移動用のカム装置や鏡筒及びカム駆動装置等のスペースを確保しなければならなくなり、このズームレンズ系を組み込んだ光学機器を大型化してしまう。

【0055】また、各実施形態においては、絞りを第2レンズ群と第3レンズ群との間に配置することが望ましい。絞りを第2レンズ群と第3レンズ群との間に配置することにより、最短焦点距離状態から中間焦点距離状態

へのズームングに際して、周辺光量の低下をバランスよく防止することが可能となる。

【0056】さらに、ズームングに際して開放絞り径は一定にすることが望ましい。通常、絞りは、開放FNOに相当する円形開口に対して、絞り羽根を開閉することにより絞り込みを行なっている。また、画像に対する影響を考慮すると、開放絞りの口径形状は、円であることが望ましい。従って、画像に対する影響を考慮した場合、ズームングに際して各焦点距離状態で開放絞り径が異なると、この円形開口を絞り羽根で行なうか、あるいは複数の円形開口を配置するかのいずれかによって、絞りをコントロールする必要が生じる。しかしながら、前者の絞り羽根で行なう場合、少ない絞り羽根では歪んだ形状の開口形状となり円に近づけるためにはどうしても5、6枚と多数の羽根が必要となり、コストアップが避けられない。また、後者のように複数の円形開口を持つ場合、コストアップになるだけでなく光軸方向に円形開口を挿入するためのスペースが必要となるため光学系の大化を招く。

【0057】

【実施例】以下、本発明に係る実施例に関し、コンストラクションデータ、収差図等を挙げて、更に具体例を示*

$$X(H) = CH^2 / \{1 + (1 - \varepsilon \cdot C^2 \cdot H^2)^{1/2}\} + \sum A_i \cdot H_i \quad (AS)$$

ただし、

H：光軸に対して垂直な方向の高さ、

X(H)：高さHの位置での光軸方向の変位量(面頂点基準)、

C：近軸曲率、

《実施例1》

$$f = 5.10 \sim 16.00 \sim 49.00$$

$$Fno = 3.66 \sim 3.39 \sim 4.09$$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

$$r1 = 31.528$$

$$d1 = 0.70 \quad N1 = 1.833500 \quad \nu 1 = 21.00$$

$$r2 = 21.419$$

$$d2 = 0.55$$

$$r3 = 22.092$$

$$d3 = 3.72 \quad N2 = 1.570699 \quad \nu 2 = 61.21$$

$$r4 = -144.544$$

$$d4 = 0.08$$

$$r5 = 16.481$$

$$d5 = 1.29 \quad N3 = 1.487490 \quad \nu 3 = 70.44$$

$$r6 = 28.275$$

$$d6 = 0.80 \sim 11.02 \sim 17.42$$

$$r7 = 14.115$$

$$d7 = 0.57 \quad N4 = 1.771126 \quad \nu 4 = 48.87$$

$$r8 = 5.297$$

$$d8 = 3.36$$

$$r9 = -9.862$$

$$d9 = 0.30 \quad N5 = 1.754500 \quad \nu 5 = 51.57$$

*す。

【0058】以下に挙げる実施例1～3は、前述した実施形態にそれぞれ対応しており、実施形態を表すレンズ配置図は、対応する実施例1～3のレンズ構成を、それぞれ示している。

【0059】各実施例において、 r_i ($i=1, 2, 3 \dots$) は物体側から数えて i 番目の面の曲率半径、 d_i ($i=1, 2, 3 \dots$) は物体側から数えて i 番目の軸上面間隔を示し、 N_i ($i=1, 2, 3 \dots$)、 ν_i ($i=1, 2, 3 \dots$) は、物体側から数えて i 番目のレンズの d 線に対する屈折率、アッペ数を示す。また、 f は全系の焦点距離、FNOはFナンバーを表す。また、各実施例において、全系の焦点距離 f 、及びFナンバーFNO、各レンズ群間の空気間隔(軸上面間隔)は、左から順に、最短焦点距離端(広角端)(W)、中間焦点距離(M)、最長焦点距離端(望遠端)(T)でのそれぞれの値に対応している。

【0060】さらに、各実施例中、曲率半径 r_i に*印を付した面は非球面形状の屈折光学面あるいは非球面と等価な屈折作用を有する面であることを示し、非球面の面形状を表す以下の式で定義するものとする。

【0061】

ε ：2次曲面パラメータ、

A_i ： i 次の非球面係数、

H_i ： H の i 乗を表す記号、

である。

【0062】

(10)

特開平 1 1 - 1 0 9 2 3 4

18

17

$r_{10} = 10.625$
 $d_{10} = 0.08$
 $r_{11} = 8.323$
 $d_{11} = 1.01 \quad N_6 = 1.846660 \quad \nu_6 = 23.82$
 $r_{12} = 93.502$
 $d_{12} = 10.85 \sim 2.53 \sim 0.90$
 $r_{13} = \infty$
 $d_{13} = 6.80 \sim 6.40 \sim 0.90$
 $r_{14} = 6.632$
 $d_{14} = 1.10 \quad N_7 = 1.487490 \quad \nu_7 = 70.44$
 $r_{15} = 40.054$
 $d_{15} = 0.08$
 $r_{16} = 5.007$
 $d_{16} = 2.29 \quad N_8 = 1.487490 \quad \nu_8 = 70.44$
 $r_{17} = -127.484$
 $d_{17} = 0.32$
 $r_{18} = 6.494$
 $d_{18} = 0.40 \quad N_9 = 1.846660 \quad \nu_9 = 23.82$
 $r_{19} = 3.815$
 $d_{19} = 4.05 \sim 7.35 \sim 10.55$
 $r_{20} = \infty$
 $d_{20} = 7.19 \quad N_{10} = 1.516800 \quad \nu_{10} = 64.20$

 $r_{21} = \infty$

[非球面係数]

 r_{11}

$\varepsilon = 1.0000$
 $A_4 = -2.70853 \times 10^{-4}$
 $A_6 = 5.51414 \times 10^{-5}$
 $A_8 = -4.74840 \times 10^{-6}$

 r_{12}

$\varepsilon = 1.0000$
 $A_4 = -1.51231 \times 10^{-4}$
 $A_6 = 7.16807 \times 10^{-5}$
 $A_8 = -5.10893 \times 10^{-6}$

 r_{18}

$\varepsilon = 1.0000$
 $A_4 = -4.13231 \times 10^{-3}$
 $A_6 = 2.22876 \times 10^{-4}$
 $A_8 = -2.21116 \times 10^{-5}$
 $A_{10} = 7.83601 \times 10^{-7}$

 r_{19}

$\varepsilon = 1.0000$
 $A_4 = -3.12685 \times 10^{-3}$
 $A_6 = 2.80257 \times 10^{-4}$
 $A_8 = -1.80966 \times 10^{-5}$
 $A_{10} = 2.22654 \times 10^{-7}$

《実施例 2》

 $f = 5.13 \sim 15.50 \sim 48.75$ $F_{no} = 2.73 \sim 4.31 \sim 4.10$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

$r1 = 56.851$
 $d1 = 0.60$ $N1 = 1.839592$ $v1 = 27.49$
 $r2 = 23.446$
 $d2 = 0.11$
 $r3 = 23.446$
 $d3 = 3.85$ $N2 = 1.567298$ $v2 = 61.49$
 $r4 = -317.865$
 $d4 = 0.10$
 $r5 = 21.360$
 $d5 = 2.74$ $N3 = 1.754500$ $v3 = 51.57$
 $r6 = 50.308$
 $d6 = 0.10 \sim 13.11 \sim 23.02$
 $r7 = 10.549$
 $d7 = 0.60$ $N4 = 1.622384$ $v4 = 38.80$
 $r8 = 4.002$
 $d8 = 2.00$
 $r9 = 14.422$
 $d9 = 1.35$ $N5 = 1.798500$ $v5 = 22.60$
 $r10 = -15.568$
 $d10 = 0.10$
 $r11* = -22.319$
 $d11 = 1.35$ $N6 = 1.681782$ $v6 = 27.64$
 $r12 = -4.598$
 $d12 = 0.60$ $N7 = 1.850000$ $v7 = 40.04$
 $r13* = 7.695$
 $d13 = 7.73 \sim 5.61 \sim 1.19$
 $r14 = \infty$
 $d14 = 2.84 \sim 0.20 \sim 0.10$
 $r15* = 3.880$
 $d15 = 2.17$ $N8 = 1.487490$ $v8 = 70.44$
 $r16 = -35.992$
 $d16 = 0.33$
 $r17 = 9.979$
 $d17 = 1.98$ $N9 = 1.487490$ $v9 = 70.44$
 $r18 = -7.299$
 $d18 = 0.15$
 $r19 = -6.274$
 $d19 = 2.67$ $N10 = 1.846836$ $v10 = 24.34$
 $r20 = -22.235$
 $d20 = 0.22$
 $r21* = -49.128$
 $d21 = 3.47$ $N11 = 1.527547$ $v11 = 63.51$
 $r22* = 16.004$
 $d22 = 0.52 \sim 3.16 \sim 3.25$
 $r23 = \infty$
 $d23 = 3.70$ $N12 = 1.516800$ $v12 = 64.20$
 $r24 = \infty$
 [非球面係数]
 $r11$
 $\varepsilon = 1.0000$

21

$$A4 = -1.51649 \times 10^{-3}$$

$$A6 = 2.66548 \times 10^{-5}$$

$$A8 = 1.22282 \times 10^{-5}$$

$$A10 = -1.32300 \times 10^{-6}$$

$$A12 = 4.92614 \times 10^{-8}$$

r13

$$\varepsilon = 1.0000$$

$$A4 = -3.23885 \times 10^{-3}$$

$$A6 = 3.40371 \times 10^{-5}$$

$$A8 = 2.06254 \times 10^{-5}$$

$$A10 = -3.68376 \times 10^{-6}$$

$$A12 = 2.02326 \times 10^{-7}$$

r15

$$\varepsilon = 1.0000$$

$$A4 = -1.12558 \times 10^{-3}$$

$$A6 = -8.48960 \times 10^{-5}$$

$$A8 = 3.21273 \times 10^{-6}$$

$$A10 = -1.83274 \times 10^{-7}$$

$$A12 = -3.06639 \times 10^{-8}$$

r21

$$\varepsilon = 1.0000$$

$$A4 = -7.38365 \times 10^{-3}$$

$$A6 = -2.15053 \times 10^{-4}$$

$$A8 = -9.38824 \times 10^{-5}$$

$$A10 = 9.96727 \times 10^{-6}$$

$$A12 = -1.04625 \times 10^{-6}$$

r22

$$\varepsilon = 1.0000$$

$$A4 = -3.78250 \times 10^{-3}$$

$$A6 = -2.14667 \times 10^{-4}$$

$$A8 = 6.93245 \times 10^{-5}$$

$$A10 = -1.13196 \times 10^{-5}$$

$$A12 = 7.18551 \times 10^{-7}$$

《実施例 3》

$$f = 5.10 \sim 16.00 \sim 48.69$$

$$Fno = 3.22 \sim 4.10 \sim 4.10$$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

r1= 30.563

d1= 0.60 N1= 1.818759 ν 1= 23.23

r2= 14.423

d2= 2.62 N2= 1.642484 ν 2= 56.38

r3= 502.675

d3= 0.10

r4= 12.680

d4= 1.71 N3= 1.754500 ν 3= 51.57

r5= 32.327

d5= 0.50 ~ 5.68 ~ 9.82

r6*= 31.105

d6= 0.60 N4= 1.713476 ν 4= 53.06

r7*= 4.594

23

24

$d7 = 3.10$
 $r8 = -4.932$
 $d8 = 0.60$ $N5 = 1.697627$ $\nu 5 = 53.71$
 $r9 = 8.955$
 $d9 = 1.01$ $N6 = 1.813453$ $\nu 6 = 22.98$
 $r10 = -25.524$
 $d10 = 10.19 \sim 4.78 \sim 0.50$
 $r11 = \infty$
 $d11 = 0.10$
 $r12 = 4.921$
 $d12 = 1.66$ $N7 = 1.676156$ $\nu 7 = 50.74$
 $r13 = -95.562$
 $d13 = 0.85$
 $r14 = -181.749$
 $d14 = 1.16$ $N8 = 1.847905$ $\nu 8 = 28.07$
 $r15 = 5.217$
 $d15 = 0.12$
 $r16 = 5.230$
 $d16 = 1.65$ $N9 = 1.495513$ $\nu 9 = 64.74$
 $r17 = -9.579$
 $d17 = 5.16$
 $r18 = -4955.676$
 $d18 = 3.36$ $N10 = 1.807490$ $\nu 10 = 44.15$
 $r19 = 136.647$
 $d19 = 0.50 \sim 5.55 \sim 8.24$
 $r20 = \infty$
 $d20 = 3.40$ $N11 = 1.516800$ $\nu 11 = 64.20$
 $r21 = \infty$

[非球面係数]

r6

 $\varepsilon = 1.0000$ $A4 = 7.61844 \times 10^{-4}$ $A6 = -3.34498 \times 10^{-5}$ $A8 = 1.91322 \times 10^{-6}$ $A10 = -3.06438 \times 10^{-8}$ $A12 = 1.77936 \times 10^{-10}$

r7

 $\varepsilon = 1.0000$ $A4 = 5.09017 \times 10^{-4}$ $A6 = -4.07384 \times 10^{-5}$ $A8 = 1.60395 \times 10^{-5}$ $A10 = -2.56405 \times 10^{-6}$ $A12 = 1.79225 \times 10^{-7}$

r14

 $\varepsilon = 1.0000$ $A4 = -1.63035 \times 10^{-3}$ $A6 = 4.61794 \times 10^{-5}$ $A8 = 2.66015 \times 10^{-6}$ $A10 = -9.53202 \times 10^{-8}$ $A12 = -2.86433 \times 10^{-8}$

25

r15

$$\varepsilon = 1.0000$$

$$A4 = 2.43530 \times 10^{-4}$$

$$A6 = 7.95268 \times 10^{-5}$$

$$A8 = 9.79297 \times 10^{-6}$$

$$A10 = 2.58484 \times 10^{-7}$$

$$A12 = -1.14984 \times 10^{-7}$$

r18

$$\varepsilon = 1.0000$$

$$A4 = -9.11167 \times 10^{-4}$$

$$A6 = -2.73536 \times 10^{-5}$$

$$A8 = 2.88114 \times 10^{-6}$$

$$A10 = 9.33187 \times 10^{-9}$$

$$A12 = -5.33332 \times 10^{-8}$$

r19

$$\varepsilon = 1.0000$$

$$A4 = -1.03703 \times 10^{-3}$$

$$A6 = 1.21604 \times 10^{-5}$$

$$A8 = -5.10027 \times 10^{-7}$$

$$A10 = -1.25593 \times 10^{-7}$$

$$A12 = -7.60189 \times 10^{-10}$$

図4乃至6は、実施例1乃至3に対応する収差図である。各収差図は、左側から順に、球面収差図、非点収差図、歪曲収差図を表している。また、各収差図は、上から順に、前述した最短焦点距離状態(広角端)、中間焦点距離状態、最長焦点距離状態(望遠端)に相当する光学系の収差を示している。

【0063】各球面収差図において、実線dはd線に対する球面収差量、一点鎖線gはg線に対する球面収差量(実施例2、3のみ)、SCは正弦条件不満足量を表す。また、各非点収差図において、実線DSはサジタル面、点線DMはメリディオナル面をそれぞれ表す。また、球面収差図の縦軸は光線のFナンバーを表し、非点収差図及び歪曲収差図の縦軸は、最大像高Y'を表す。

【0064】また、各実施例の条件式対応値を以下に示す。なお、各データにおいて数字の後のEの文字は指数部分を示しており、例えば、 $1.0E-2$ であれば 1.0×10^{-2} を表すものとする。また、条件(16)及び、条件(17)において、高さは光軸から垂直な方向の距離(mm)を表し、No. 10が最大有効径に相当する。

【0065】《実施例1》

$$(1) \quad f1/flw : 6.53$$

$$(2) \quad f2/flw : -1.25$$

$$(3) \quad f3/flw : 1.82$$

$$(4) \quad img \times R : 7.07$$

$$(5) \quad Ra/f3 : 0.72$$

$$(6) \quad R2n/f2 : -0.83$$

$$(6) \quad f2p/f2 : ---$$

$$(7) \quad v_n : 21.00$$

$$(8) \quad v_p : 70.44, 61.66$$

$$(9) \quad m1/Z : 0.76$$

$$(10) \quad M1WM/M1MT : 1.94$$

$$(11) \quad \max(T1, T2, T3)/flw : 1.24$$

$$(12) \quad Lw/flw : 9.25$$

$$(13) \quad \Delta\beta_3/\Delta\beta_2 : 0.57$$

$$(14) \quad \beta T2/\beta w2 : 4.12$$

$$(15) \quad ft/|f12w| : 5.06$$

$$(16) \quad \phi \times (N' - N) \times d/dH \{X(H) - X0(H)\}$$

30 r11

No	高さ	値
1	0.3929	-0.5397E-05
2	0.7858	-0.3734E-04
3	1.1787	-0.9832E-04
4	1.5716	-0.1665E-03
5	1.9645	-0.2431E-03
6	2.3573	-0.4716E-03
7	2.7502	-0.1351E-02
8	3.1431	-0.4072E-02
9	3.5360	-0.1099E-01
10	3.9289	-0.2626E-01

r12

No	高さ	値
1	0.3500	-0.1817E-06
2	0.7000	-0.1062E-05
3	1.0500	-0.1601E-05
4	1.4000	0.1705E-05
5	1.7500	0.1351E-04
6	2.1000	0.3528E-04
7	2.4500	0.5683E-04

50

27

8 2.8000 0.4287E-04
 9 3.1500 -0.8661E-04
 10 3.5000 -0.4831E-03
 (17) $\phi \times (N' - N) \times d/dH [X(H) - X_0(H)]$
 r18

No	高さ	値
1	0.2603	-0.3199E-04
2	0.5205	-0.2519E-03
3	0.7808	-0.8291E-03
4	1.0411	-0.1903E-02
5	1.3013	-0.3584E-02
6	1.5616	-0.5972E-02
7	1.8219	-0.9181E-02
8	2.0822	-0.1337E-01
9	2.3424	-0.1876E-01
10	2.6027	-0.2560E-01

r19

No	高さ	値
1	0.2280	-0.2764E-04
2	0.4559	-0.2166E-03
3	0.6839	-0.7063E-03
4	0.9118	-0.1597E-02
5	1.1398	-0.2939E-02
6	1.3677	-0.4737E-02
7	1.5957	-0.6968E-02
8	1.8236	-0.9612E-02
9	2.0516	-0.1270E-01
10	2.2796	-0.1640E-01

《実施例2》

(1) $f1/flw$: 7.50
 (2) $f2/flw$: -1.08
 (3) $f3/flw$: 1.29
 (4) $img \times R$: 7.8
 (5) $Ra/f3$: 0.58
 (6) $R2n/f2$: -0.72
 (6)' $f2p/f2$: -1.72
 (7) v_n : 27.49
 (8) v_p : 61.49
 (9) $m1/Z$: 1.64
 (10) $M1WM/M1MT$: 1.99
 (11) $\max(T1, T2, T3)/flw$: 2.15
 (12) Lw/flw : 7.80
 (13) $\Delta \beta 3 / \Delta \beta 2$: 0.276
 (14) $\beta T2 / \beta w2$: 5.87
 (15) $ft/|f12w|$: 6.30
 (16) $\phi \times (N' - N) \times d/dH [X(H) - X_0(H)]$
 r11

No	高さ	値
1	0.3294	0.4503E-05
2	0.6589	0.3562E-04

(15) 特開平 1 1 - 1 0 9 2 3 4

28

3 0.9883 0.1172E-03
 4 1.3178 0.2648E-03
 5 1.6472 0.4788E-03
 6 1.9767 0.7397E-03
 7 2.3061 0.1013E-02
 8 2.6355 0.1255E-02
 9 2.9650 0.1388E-02
 10 3.2944 0.1131E-02
 r13

10 No 高さ 値

1	0.2609	-0.2158E-04
2	0.5218	-0.1719E-03
3	0.7827	-0.5752E-03
4	1.0436	-0.1343E-02
5	1.3045	-0.2562E-02
6	1.5654	-0.4292E-02
7	1.8263	-0.6580E-02
8	2.0872	-0.9480E-02
9	2.3481	-0.1306E-01
20 10	2.6089	-0.1722E-01

(17) $\phi \times (N' - N) \times d/dH [X(H) - X_0(H)]$
 r15

No	高さ	値
1	0.3069	-0.8057E-05
2	0.6138	-0.6645E-04
3	0.9208	-0.2351E-03
4	1.2277	-0.5916E-03
5	1.5346	-0.1238E-02
6	1.8415	-0.2316E-02
30 7	2.1484	-0.4041E-02
8	2.4554	-0.6824E-02
9	2.7623	-0.1156E-01
10	3.0692	-0.2027E-01

r21

No	高さ	値
1	0.2267	0.1954E-05
2	0.4534	0.1575E-04
3	0.6801	0.5397E-04
4	0.9068	0.1312E-03
40 5	1.1336	0.2662E-03
6	1.3603	0.4849E-03
7	1.5870	0.8255E-03
8	1.8137	0.1346E-02
9	2.0404	0.2142E-02
10	2.2671	0.3382E-02

r22

No	高さ	値
1	0.2679	-0.5091E-05
2	0.5359	-0.4136E-04
50 3	0.8038	-0.1423E-03

29

4	1.0718	-0.3433E-03
5	1.3397	-0.6782E-03
6	1.6077	-0.1180E-02
7	1.8756	-0.1882E-02
8	2.1436	-0.2822E-02
9	2.4115	-0.3966E-02
10	2.6794	-0.4941E-02

《実施例 3》

- (1) $f1/flw$: 7.50
 (2) $f2/flw$: -0.77
 (3) $f3/flw$: 1.56
 (4) $img \times R$: 9.0
 (5) $Ra/f3$: 0.67
 (6) $R2n/f2$: -0.83
 (6) $f2p/f2$: ----
 (7) v_n : 23.23
 (8) v_p : 56.38
 (9) $m1/Z$: 0.77
 (10) $M1WM/M1MT$: 1.89
 (11) $\max(T1, T2, T3)/flw$: 2.76

(12) Lw/flw : 7.80(13) $\Delta \beta 3 / \Delta \beta 2$: 0.519(14) $\beta T2 / \beta w2$: 4.29(15) $ft/|f12w|$: 7.56(16) $\phi \times (N' - N) \times d/dH [X(H) - X0(H)]$

r6

No	高さ	値
1	0.4586	0.4744E-05
2	0.9171	0.3648E-04
3	1.3757	0.1159E-03
4	1.8343	0.2559E-03
5	2.2928	0.4680E-03
6	2.7514	0.7769E-03
7	3.2100	0.1241E-02
8	3.6686	0.1973E-02
9	4.1271	0.3146E-02
10	4.5857	0.4992E-02

r7

No	高さ	値
1	0.3242	0.7598E-05
2	0.6485	0.5904E-04
3	0.9727	0.1937E-03
4	1.2969	0.4552E-03
5	1.6212	0.9051E-03
6	1.9454	0.1632E-02
7	2.2696	0.2839E-02
8	2.5939	0.5410E-02
9	2.9181	0.1304E-01
10	3.2423	0.3824E-01

1

30

(17) $\phi \times (N' - N) \times d/dH [X(H) - X0(H)]$

r14

No	高さ	値
1	0.2584	0.4440E-06
2	0.5169	0.3521E-05
3	0.7753	0.1170E-04
4	1.0338	0.2711E-04
5	1.2922	0.5127E-04
6	1.5506	0.8491E-04
10 7	1.8091	0.1279E-03
8	2.0675	0.1796E-03
9	2.3260	0.2412E-03
10	2.5844	0.3202E-03

r15

No	高さ	値
1	0.2354	0.1798E-05
2	0.4707	0.1558E-04
3	0.7061	0.5975E-04
4	0.9414	0.1678E-03
20 5	1.1768	0.4013E-03
6	1.4121	0.8676E-03
7	1.6475	0.1740E-02
8	1.8828	0.3263E-02
9	2.1182	0.5719E-02
10	2.3535	0.9272E-02

r18

No	高さ	値
1	0.2735	0.9843E-08
2	0.5470	0.7949E-07
30 3	0.8205	0.2721E-06
4	1.0940	0.6562E-06
5	1.3675	0.1305E-05
6	1.6409	0.2297E-05
7	1.9144	0.3737E-05
8	2.1879	0.5826E-05
9	2.4614	0.9094E-05
10	2.7349	0.1493E-04

r19

No	高さ	値
1	0.2903	-0.4833E-06
2	0.5805	-0.3850E-05
3	0.8708	-0.1290E-04
4	1.1610	-0.3032E-04
5	1.4513	-0.5870E-04
6	1.7416	-0.1008E-03
7	2.0318	-0.1604E-03
8	2.3221	-0.2436E-03
9	2.6123	-0.3623E-03
10	2.9026	-0.5391E-03

50 【0066】

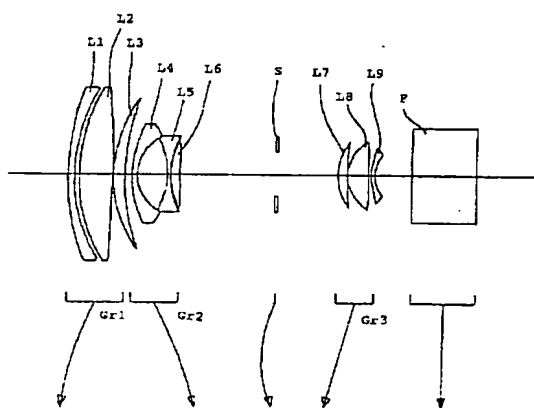
【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明のズームレンズ系によれば、高変倍率で高画質を満足するにも拘わらず、コンパクトなズームレンズ系を提供することが可能である。

【0067】したがって、本発明に係るズームレンズ系を、デジタルカメラの撮影光学系に適用した場合、当該カメラの高機能化とコンパクト化に寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態のズームレンズ系のレンズ構成図。

【図1】



【図2】第2実施形態のズームレンズ系のレンズ構成図。

【図3】第3実施形態のズームレンズ系のレンズ構成図。

【図4】第1実施形態のズームレンズ系の収差図。

【図5】第2実施形態のズームレンズ系の収差図。

【図6】第3実施形態のズームレンズ系の収差図。

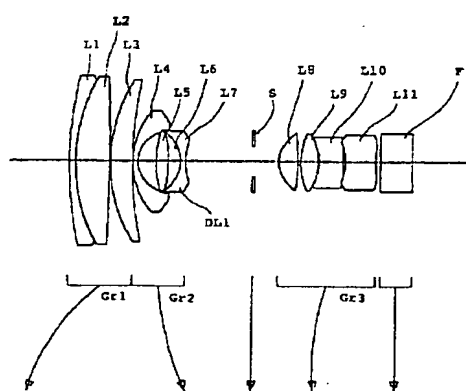
【符号の説明】

Gr1：第1レンズ群

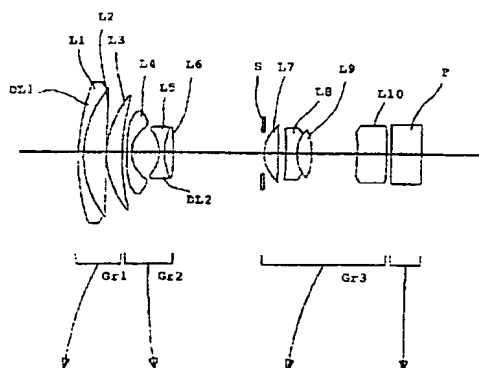
10 Gr2：第2レンズ群

Gr3：第3レンズ群

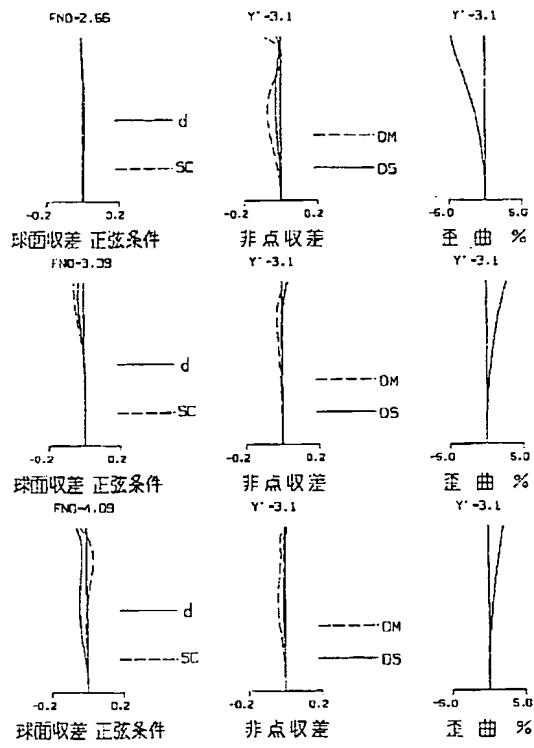
【図2】



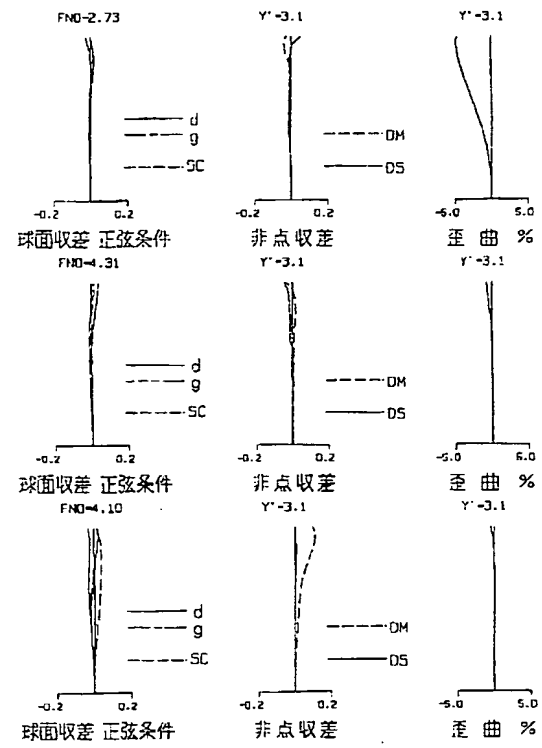
【図3】



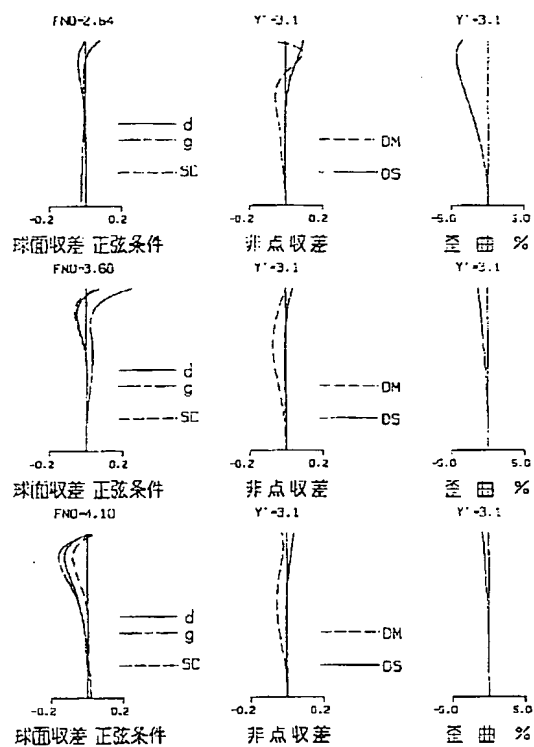
【圖 4】



【圖 5】



【図6】



フロントページの続き

(72) 発明者 寺田 守
 大阪市中央区安土町二丁目 3 番13号 大阪
 国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 有本 哲也
 大阪市中央区安土町二丁目 3 番13号 大阪
 国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 岡田 尚士
 大阪市中央区安土町二丁目 3 番13号 大阪
 国際ビル ミノルタ株式会社内